Lane Medical Library

Aus der prothetisch-orthopädischen Abteilung (Leiter: Professor Dr. Greve) der Zahnärztlichen Universitätsklinik zu Erlangen (Vorstand: Professor Dr. Hauberrißer).

Über Gips und Gipsprüfungen für zahnärztliche Zwecke.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Friedrich Schroll

aus Schwabach.

Tag der mündlichen Prüfung: 22. November 1935.

1935

Buchdruckerei Karl Döres, Erlangen, Jägerstraße 7, Telefon 2521.

1936/164

Referent: Prof. Dr. Greve.

Dekan: Geheimrat Prof. Dr. Jamin.

I.

Mit der raschen Entwicklung und dem gewaltigen Fortschritt der Zahnheilkunde in den letzten Jahren kam man immer mehr zu der Erkenntnis, daß die genaue Fixierung der wichtigen, die physikalischen Eigenschaften der Abdruckmassen bestimmenden, Faktoren eine notwendige Forderung sei, um die sich daraus ergebenden Fehlerquellen zu beseitigen. Die Ergebnisse der einzelnen, auf diesen Gebieten tätigen Forscher sind sehr verschieden, wenn auch nicht gerade immer entgegengesetzt. Dafür verantwortlich sind in erster Linie die Fehlerquellen der einzelnen Prüfungsmethoden und in zweiter Linie die Tatsache, daß jeder Forscher mit einem anderen Material arbeitet, das wenn auch durch dieselbe Fabrik geliefert und die gleiche Marke ist, doch durch irgendwelche Einflüsse, sei es bei der Lagerung oder beim Transport, sei es durch Benützung verschiedenen Wassers an den jeweils verschiedenen Versuchsorten, seine physikalischen Eigenschaften nicht unwesentlich verändert hat. Diese aus jenen Gründen sich ergebenden Fehlerquellen können dadurch, daß man immer unter gleichen Bedingungen arbeitet ausgeglichen werden. Man wird zwar so keine absolute Koeffizienten berechnen können, dafür aber Verhältniszahlen finden, auf die es ja in letzter Linie hauptsächlich ankommt.

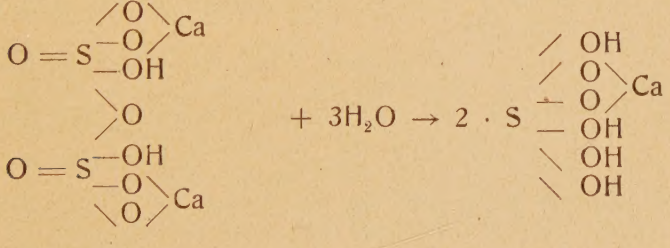
II.

Die Verwendung des Gipses ist eine sehr vielseitige in allen möglichen Berufen. In der Zahnheilkunde wird er als Abdruck- und Modellgips, sowie zur Zubereitung von Einbettmassen verwendet. Der Gips ist immer noch das beste Abdruckmittel. Er liefert einen relativ, von keinem anderen Mittel erreichten, exakten Abdruck. Der im Handel käufliche Gips wird durch besondere, dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechende Verarbeitung des aus den Gipslagern erhaltenen Rohgipses gewonnen. Die größten

Lager in Deutschland finden sich am Südrande des Harzes. Entstanden sind jene Gipslager durch Austrocknung von Meeresteilen und größeren Binnenseen. Daher findet sich Gips meist in Verbindung mit Steinsalz und zwar findet sich die Gipsschicht unter der Steinsalzschicht, da Gips schwerer ist als Steinsalz. Hauptsächlich in der Dyas, Trias, im geringen Grade der Jura und zuletzt in der Tertiär Formation findet sich Gips in Form des Anhydrites $CaSO_4$ aus dem durch Wasseraufnahme das Doppelhydrat $CaSO_4 . 2H_2O$ entstanden ist. Der in Kristallform vorkommende Gips wird bei seiner Verarbeitung gebrannt zum Zwecke der Dehydration. Je nach dem Grade der Brenntemperatur unterscheidet man verschiedene Modifikationen. Bei 107° erhält man den sogenannten Stuckgips, es ist dies der gebräuchlichste. Hierbei geht das Dihydrat $CaSO_4 . 2H_2O$ in $CaSO_4 . {}^1/_2H_2O$ über unter Verlust von $1^1/_2$ Moleküle Wasser. Bei einer Brenntemperatur von 500—600° entsteht der totgebrannte Gips, dieser nimmt sehr langsam Wasser auf. Der Zeitraum beträgt nicht unter einem Jahr. Bei 1000—1300°, also bei Rotglut, erhält man den Estrichgips. Dieser nimmt wieder schnell Wasser auf und wird sehr hart. Der für unsere Zwecke verwendete Gips wird hauptsächlich aus körnigem Gipsstein hergestellt bei einer Temperatur von 150—180° und einer Brenndauer von 36 Stunden. Schon die alten Inder und Aegypter benutzten zum Bau, vornehmlich der Pyramiden, gebrannten Gips. Herodot, der ebenfalls schon Gips brannte, berichtet von den Aethiopiern, daß sie ihre Toten mit Gips konservierten. Die Kenntnis von der Herstellung und Verwendung des Gipses vererbte sich über die Griechen auf die Römer. Durch die Völkerwanderung kam er dann außer Gebrauch und erst im 14. Jahrhundert kam er als Estrichgips wieder mehr zur Verwendung. Trotzdem der Gips schon so lange im Gebrauch war, befaßte sich eigentlich die Wissenschaft ziemlich spät mit diesem Material. Der Erste, der sich mit der Untersuchung und Prüfung des Gipses in verschiedener Hinsicht genauer beschäftigte, war 1765 Lavoisier. Er beobachtete die Entwässerung des Gipses in zwei Phasen. Nach ihm beobachtete Le Chatelier den Vorgang der Erhärtung des Gipses in chemischer, mechanischer und physikalischer Hinsicht. Bezüglich des chemischen Vorganges stellte er fest, daß ein Molekül Hemihydrat drei Molekül H_2O aufzunehmen im Stande ist. Den physikalischen Vorgang der Kristallisation erklärt er dahingehend, daß jeder Kristallisation eine Lösung des Salzes vorhergeht, so, daß sich dadurch die Meleküle in besonderer Form anordnen können. Unter den nach Chatelier folgenden Wissenschaftlern sind es vor allem Vant'Hoff und Zulkowsky, welche sich eingehender mit der Untersuchung von Gips befaßten. Vant'Hoff ermittelte den Schmelzpunkt des

Gipses. Das ist die Temperatur von 107°, bei welcher sich das Dihydrat in Semihydrat umwandelt. Es entsteht hierbei Stuckgips, welcher durch Aufnahme von Wasser wieder in die feste Modifikation übergeht. Vant'Hoff hat diesen letzten Prozeß näher erklärt. (Zeitschrift für physik. Chemie 1903, Nr. 45). Nach ihm besteht: $CaSO_4 . {}^1/_2H_2O + 1{}^1/_2HO — CaSO_4 . 2H_2O$. Nach Vant'Hoff löst sich das Halbhydrat in Wasser unter gleichzeitiger Bildung von Doppelhydrat. Da aber das Doppelhydrat sehr viel schwerer löslich ist als das Halbhydrat, so wird das Halbhydrat aus der für Doppelhydrat übersättigten Lösung in Form von feinen langen Nadeln ausgeschieden. Die sich rasch ausscheidenden Kristalle verwachsen gegenseitig, verfilzen und verankern sich so, daß schließlich eine einheitliche Masse entsteht. Dieser Ansicht Vant'Hoffs steht diejenige Zulkowskys gegenüber (Tonindustriezeitung 1899 S. 1250).

Zulkowsky nimmt an, daß sowohl beim Brennen als auch beim Abbinden ein chemischer Prozeß stattfindet. Er schließt daraus, daß das Wasser sowohl im Halb- als auch im Doppelhydrat nicht Kristallwasser, sondern Konstitutionswasser ist. Er betrachtet das Halbhydrat als das Ca-Salz einer Ditetrahydroxylschwefelsäure, die im Stande ist drei Moleküle Wasser chemisch zu binden und damit in das Ca-Salz der Hexahydroxalschwefelsäure überzugehen. Beim Abbindungsprozeß würde dann das Wasser zuerst die vorhandene, leichter lösliche Ca-Verbindung lösen und dann mit dem Molekül in chemische Reaktion treten, um eine schwer lösliche Verbindung zu bilden, die sich als Kristall aus den Lösungsmittel ausscheidet. Er gibt hierfür folgendes Schema an:



Zulkowsky und Vant'Hoff haben sich wie man sieht um die Klärung des Abbindevorganges beim Gips unstreitbar die größten Verdienste erworben. Vant'Hoff hat sich auch als einer der ersten mit der Volumveränderung des Gipses beim Abbinden beschäftigt. Seine Ergebnisse sind im nächsten Abschnitt mit eigenen Versuchen erwähnt.

III.

Die ausgeführten und hier in diesem Abschnitt erwähnten Versuche beabsichtigen vor allem eine Prüfung der Abbindeverhältnisse, der Härte und der Ausdehnung des Gipses als der drei wichtigsten, für die Güte des Gipses maßgebenden Faktoren. Geprüft wurden Hohenbockaer Abdruck- und Modellgipse und der Modellgips Moldano.

Abbindungsverhältnisse.

Zur Feststellung der Abbindezeit wurde die thermometrische Methode gewählt, mit welcher zugleich die beim Abbinden auftretende Temperatursteigerung gemessen werden kann. Die Temperatursteigerung beginnt mit der Umwandlung des kolloidalen $CaSO_3$ in Gipskristalle. Es wurde diejenige Zeitspanne gemessen, die seit dem Anrühren des Gipsbreies bis zur Erreichung des Temperaturmaximus verstreicht. Eigentlich müßte man sie besser Erstarrungszeit als Abbindungszeit benennen, da ja die Erreichung des Temperaturmaximums nichts identisch ist mit der Beendigung des Abbindevorganges. Doch gibt das Temperaturmaximum einen Festpunkt an, der zu Vergleichzwecken herangezogen werden kann. Geprüft wurde die Abbindungszeit in Abhängigkeit von der Anrührzeit und dem Mischungsverhältnis. Alle Versuche wurden unter den gleichen Bedingungen vorgenommen, also immer gleiches Wasser und gleiche Zimmertemperatur. Es wurden je 30 ccm Gips mit der entsprechenden Wassermenge 30 bzw. 60 Sekunden angerührt. Die Tabellen 1—4 zeigen für verschiedene Gipssorten die Uebertemperaturen (Ausgangstemperatur = O) in Abhängigkeit von der Zeit seit dem Anrühren aufgetragen.

Ein Vergleich der gefundenen Werte ergibt, daß das Mischungsverhältnis und die Anrührzeit nicht ohne Einfluß auf die Abbindezeit ist. Es zeigt sich hierbei eine Verkürzung der Abbindezeit

1. bei Zunahme der Anrührzeit und
2. bei Abnahme der Wassermenge.

Dieses Ergebnis deckt sich mit demjenigen Solbrigs und Herbers (Z. R. 1919 H. 4 Abdruck und Gips) im Gegensatz zu Bennstein (Untersuchung am Gips D.M.f.Z. 1920), welcher behauptet, die benützte Wassermenge sei ohne Einfluß auf die Abbindezeit.

Betrachtet man die Kurven der Modellgipse (Tab. 2—4) vergleichenderweise, so findet man, daß Alabastergips und Modellit in fast allen Verhältnissen ungefähr 6—7 Minuten eher das Temperaturmaximum erreichen als Moldano. Während Modellit im Verhältnis 1 : 2,1 Min. und 1 : $1^1/_2$, $^1/_2$ Min. in fast derselben Zeit wie

Alabaster abbindet, benötigt er in den Verhältnissen 1 : 2, $^1/_2$ Min. und 1 : 3, $^1/_2$ Min. 4—5 Minuten weniger Zeit als Alabaster. (In der Bezeichnung a : b, x Min. bedeutet a : b das Mischungsverhältnis, wobei a-Wasser, b-Gips, und x-Anrührzeit in Minuten). Unter den Modellgipsen bindet also Modellit in lerativ kürzester Zeit ab. Für den Abdruckgips „Hocka" ergibt sich die schnellste Abbindungszeit, 5 Min., wenn er im Verhältnis 1 : 2,1 Min. angefertigt wird.

Man kann somit die Abbindezeit durch Veränderung des Mischungsverhältnisses und der Anrührzeit beliebig verkürzen. Da aber die beiden Faktoren, Mischungsverhältnis und Anrührzeit, nicht nur die Abbindezeit, sondern auch die Volumveränderung und die Festigkeit beeinflussen, so bewirkt zwangsläufig eine Veränderung der Abbindezeit auch eine Volumveränderung sowie Festigkeitsveränderung. Es ist daher nötig, auch für Festigkeit und Volumveränderung die günstigsten Bedingungen zu schaffen.

Schalow und Emmerich, welche ebenfalls Moldano und Alabastergips bezüglich der Abbindezeit vergleichsweise untersuchten, zeitigten nahezu dieselben Ergebnisse. (Zahnärztliche Berichte 1933, Nr. 4). Allerdings ist ihr Vergleich, daß Moldano im Verhältnis von 3,3 Teilen Gips zu 1 Teil Wasser angerührt ungefähr die Hälfte der Zeit benötigt, um das Temperaturmaximum zu erreichen als Alabastergips, insoferne unrichtig, als sie hierbei die Kurven zweier Gipssorten vergleichen, welche nicht unter den gleichen Bedingungen angefertigt worden sind, nämlich Moldano in einem Mischungsverhältnis von 1 : 3 und Alabaster in einem solchen von 1 : 1. Man kann doch die Abbindungszeit zweier Gipssorten nur vergleichen, wenn diese beiden Sorten bei gleichem Mischungsverhältnis und gleicher Anrührzeit angefertigt worden sind. Auch ist es nicht richtig, daß sie als Maßstab für den Gips Gramm nehmen und für das Wasser ccm und dann von einem Mischungsverhältnis von 3 Teilen Gips zu 1 Teil Wasser sprechen. Dies ist erst dann richtig, wenn feststeht, daß Gips und Wasser dasselbe spezifische Gewicht haben, das dürfte aber im vorliegenden Falle kaum zutreffen. Hierauf dürfte auch der, allerdings geringe, Unterschied zwischen ihren und den hier gefundenen Werten, hinsichtlich der Abbindezeit zurückzuführen sein.

Volumveränderung während des Abbindevorganges.

Wenn man nach dem Abdrucknehmen des Oberkiefers den Abdruck wieder im Löffel zusammensetzt, so sieht man bei genauer Aufmerksamkeit, daß er sich etwas vom Löffel abhebt. Diese Erscheinung wurde zuerst als Werfen des Gipses beschrieben. Heute wissen wir, daß diese Erscheinung auf einer Volumveränderung des

Gipses während des Abbindevorganges beruht, also bei der Umwandlung des Halbhydrates in das Doppelhydrat.

Schon Pfaff, der Hofzahnarzt Friedrich des Großen, der im 18. Jahrhundert den Gips in die Zahnheilkunde einführte, fand, daß der Gipskristall sich sehr stark ausdehne. W. Bowmann Macleod hat 1881 die Formveränderung des Gipsesa an Hand von Versuchen nachgewiesen. 2 Eisenplatten, $^3/_4$ Zoll dick, wurden fest gegeneinander verschraubt und der senkrechte Abstand der gegenüberliegenden Platten gemessen. Nachdem der Kasten mit Gipsbrei angefüllt war wurde die Verschraubung gelöst um den Gips freie Ausdehnung nach allen Seiten zu gestatten. B. Macleod fand neben einer Expansion von $^5/_{18}$ Zoll eine Vorwölbung des Gipses an der Oberfläche und außerdem bemerkte er, daß der Gipsblock auf der Unterfläche nicht auflag, sondern in konvexer Richtung sich vorwölbte. Er führte diese Erscheinung auf eine Verzerrung während des Erstarrens zurück. Gysi hat diese Erscheinung geklärt mit seinem Eisenring-Platten-Versuch. Er hat hiermit nachgewiesen, daß ein seitlich fest eingeschlossener Gips sich nach den freien Flächen hin, also nach oben und unten hin ausdehnt.

Mit der Uebertragung des Eisenringplatten-Versuches auf den Abdrucklöffel ist auch die schon weiter oben beschriebene Erscheinung zu erklären.

Die vertikale Ausdehnung fällt für die endgültige Form eines Kautschukstückes kaum ins Gewicht, da die Gipsschicht verhältnismäßig dünn ist. Dagegen wird das Positiv infolge der ungleichmäßigen und erheblichen Dicke, besonders im Oberkiefer, eine wesentliche Veränderung erfahren. Wenn man ferner in Betracht zieht, daß der Gips beim Vulkanisieren infolge der Drehydration auch eine Expansion erfährt, die bei einer Temperatur von 140° ganz erheblich ist, so muß man zugeben, daß die Kontraktion des Kautschukes beim Vulkanisationsprozeß nicht genügt, um diese Faktoren auch nur nahezu auszuschalten. Was besonders bei Herstellung eines Funktionsabdruckes doch einigermaßen ins Gewicht fallen dürfte.

Mit den bisherigen Methoden konnte zwar eine Volumveränderung festgestellt, aber nicht gemessen werden. Es ist aber auch wichtig zu wissen, wie groß die Volumveränderung des Gipses beim Abbinden ist. Die Meßmethoden der bisher auf diesem Gebiet tätigen Forscher sind sehr verschieden und mehr oder minder kompliziert. Es seien zunächst einige dieser Apparate erwähnt, bevor die zu eigenen Messungen verwendete Methode geschildert wird.

Vant'Hoff war wohl einer der ersten, der sich mit der Messung der Volumveränderung des Gipses beim Abbinden befaßte. Seine

Methode ist sehr kompliziert, heute veraltet und für den Praktiker nicht zu verwenden.

Solbrig benützte zwei Messingwinkel von 5 ccm Seitenlänge, wie sie Schönbeck in seiner Materialienkunde angibt. Durch Zusammenlegen beider Winkel entsteht ein quadratischer Raum. Die einzelnen Dimensionen wurden mit einer Mikrometerschraube vor und nach dem Abbinden des Gipses gemessen. Da aber auch hier, wie bei dem Versuch Macleods und Gysis der Gips nach oben und unten ausweichen kann, ergibt diese Methode keine genauen Resultate, weil die in horizontaler Richtung gemessene Volumveränderung in dieser Richtung nicht frei zur Auswirkung kommen kann. Außerdem würde eine etwaig auftretende Kontraktion mit dieser Methode überhaupt nicht gemessen werden können. Daß bisweilen auch eine Kontraktion des Gipses beim Abbinden wahrzunehmen ist, ist aus den weiter unten aufgezeichneten Tabellen a—e ersichtlich.

Die Versuchsanordnung Deichmanns ist sehr umständlich. Bei einer derart komplizierten Apparatur ergeben sich meist mehrere, nicht leicht festzustellende Fehlerquellen. Er verwendete einen Metallzylinder von 16 + 16 mm. Nachdem der Gips eingefüllt war wurde er mit einem Glimmerplättchen, das in die Weite des Zylinders paßte, bedeckt. Darauf wurde nun ein, um seine Achse drehbarer, Metallstift mit feiner Spitze befestigt. An seinem freien Ende befand sich ein Spiegel, auf welchem mittels einer Projektionslampe ein Faden projiziert wurde, so daß sein Bild auf einer Skala zu sehen war. Bei diesem Versuch dürfte aber die Reibung und die Kraft zu groß sein, welche auf den sein Volumen ändernden Gips einwirken. Es kann sich somit die Expansionskraft des Gipses nicht frei entfalten, wodurch keine genauen Resultate gewährleistet werden können.

Für die den Tabellen a—e zu Grunde liegenden Messungen, wurde die von Proell angegebene, direkte Ablesmethode benutzt. Sie hat den Vorteil der großen Einfachheit. Es fallen daher viele Momente weg, die bei anderen Methoden für die Entstehung von Fehlerquellen verantwortlich gemacht werden können.

Die Apparatur besteht aus einem Mikroskop mit Fadenkreuz; einer 15 cm langen, 5 cm breiten und einem $^1/_2$ cm dicken Glasplatte, welche an einem Ende 1 cm vom Rand entfernt durchbohrt ist. Durch dieses Loch führt in Form einer Versenkschraube eine Metallspindel, die in einer Länge von 1—2 cm senkrecht auf der Glasplatte steht und auf der Unterseite mit einer Schraube befestigt ist. Im Abstand von 10 cm von dieser Metallspindel ist auf der unteren Seite der Glasplatte, senkrecht zu ihrer Längsachse, mit einem

Diamanten eine Markierungslinie eingeritzt. Außerdem wird noch ein Metallblättchen von 2 cm Länge und 2 cm Breite benötigt. Dieses ist an einem Ende durchbohrt, zum Zwecke der besseren Retention im Gips. Am anderen Ende des Blättchens ist eine Skala eingeritzt, deren einzelne Striche einen Abstand von 0,05 mm haben. Diese Versuchsanordnung ist folgendermaßen:

Die das Material tragende Seite der Glasplatte wird mit Oel bestrichen, um die Reibung möglichst auszuhalten. Das Gipsmaterial wird in Richtung der Längsachse der Glasplatte in einer Breite von 1—2 cm aufgetragen bis 1 cm über die Markierungslinie hinaus, wobei zuerst die Metallspindel mit Material zu umgeben ist. In das der Schraube entgegengesetzte Ende des Gipsbreies wird in horizontaler Richtung das Metallblättchen gesteckt und zwar so, daß das gelochte Ende über dem Markierungsstrich liegt. Die Glasplatte mit Gipsbrei und Blättchen wird unter das Mikroskop gebracht und die Skala des Metallblättchens eingestellt. Jetzt kann man an der Verschiebung der Skala gegen das Fadenkreuz im Okular die Volumveränderung des Gipses während des Abbindens bestimmen.

Geprüft wurde nun die Volumveränderung des Gipses in Abhängigkeit von dem Mischungsverhältnis, der Anrührzeit und der Wassertemperatur. Alle Versuche wurden unter den gleichen Bedingungen angefertigt um möglichst genaue Vergleichswerte zu erhalten. Auch die Intensität des Anrührens ist immer gleichmäßig ausgeübt worden. In den Tabellen a—e ist die Volumveränderung des Gipses in Abhängigkeit von der Zeit seit dem Anrühren eingetragen.

Als Einheit der Abszisse wurde 5 Min., als Einheit der Ordinate der Abstand zweier Skalenteile = 0,05 mm gewählt. Die Kurve, die sich bei einem Mischungsverhältnis von 1 Teil Wasser und 2 Teilen Gips ergibt und einer Anrührzeit von 1 Min., ergibt, kann man bei den Modellgipsen als Normalkurve bezeichnen. Bei diesen Sorten mit der Anrührzeit unter 1 Min. herabzugehen, empfiehlt sich nicht, da sonst die Abbildungszeit zu lange wird. Anders verhält sich dies bei dem Abdruckgips. Bei ihm kann man die Anrührzeit ruhig geringer wählen, da er ohnehin schneller abbindet.

Da als Länge des Gipsbreies 10 cm und als Einheit der Skala 0,05 % der eigenen Länge. Es kann somit die Größe der Volumveränderung des Gipses gleich in Prozenten der eigenen Größe des betreffenden Gipsstückes aus den Tabellen abgelesen werden. Diese gefundenen Werte in Prozenten gelten dann ganz allgemein für jedes beliebige Gipsstück.

Folgende Tabelle gibt eine Uebersicht über die Expansion, der hier untersuchten Gipssorten, ausgedrückt in Prozenten.

Mischungsverhältnis u. Anrührzeit.	1W : 2G; 1'	1W : $1^1/_2$G; 1'	1W : 2G; 2'	1W : 3G; 1'
Abdr.-Gips „Hoka"	0,38 %	0,17 %	0,65 %	
Alabaster	0,55 %	0,45 %	0,9 %	0,72 %
Modellit	0,18 %	0,14 %	0,30 %	0,52 %
Moldano	0,22 %	0,15 %	0,45 %	0,47 %

Eine Betrachtung der gefundenen Kurven als Ausdruck für die Volumveränderung zeigt, daß bei den meisten Gipssorten vor der Expansion eine Kontraktion festzustellen ist. Diese Kontraktion ist in den verschiedenen Arbeiten vieler Autoren nicht festgestellt oder außer Acht gelassen worden. Doch dürfte diese Kontraktion bei der Verwendung von Gips zur Herstellung von Einbettmassen doch einigermaßen ins Gewicht fallen. Denn die Kontraktion des Goldes beim Erstarren verlangt ein Einbettungsmaterial, das diese Volumveränderung des Goldes durch seine Expansion wieder ausgleicht. Auch Vant'Hoff konnte beim Abbinden vor der Expansion eine Kontraktion feststellen. Doch weist nicht jeder Gips diese Kontraktion auf. Denn, wie aus Tabelle a ersichtlich ist, findet sich beim Abdruckgips „Hoka" keine Konzentration.

Weiterhin konnte festgestellt werden, daß die Expansion zunimmt

1. bei verlängerter Anrührzeit und
2. bei Abnahme der Wassermenge.

Dieses Ergebnis zeigt sich in Uebereinstimmung mit den Resultaten Deichmanns und Ports. Im Gegensatz zu Bennstein, nach welchem mit zunehmender Wassermenge auch die Expansion zunimmt. Aus Tabelle e ist der Einfluß der Wassertemperatur auf die Ausdehnung ersichtlich. Es zeigt sich, daß dieser Einfluß von sehr geringem Grade ist. Der Unterschied beträgt im höchsten Falle kaum mehr als 0,05 %. Zu bemerken ist allerdings, daß mit zunehmender Wassertemperatur die Expansion abnimmt, wenn auch im geringen Grade.

Auch ist es nicht uninteressant, an Hand der Kurven festzustellen, daß Gips innerhalb der 24 Stunden, die der Kristallisation folgen, eine nochmalige Ausdehnung aufweist. Diese zweite Ausdehnung beträgt ungefähr $^1/_3$—$^1/_5$ der ersten. Bei einem Vergleich der Tabellen a—d kann festgestellt werden, daß Alabaster in allen Verhältnissen die größte Expansion aufweist. Zwischen Moldano und Modellit bestehen sehr geringe Unterschiede hinsichtlich der Expansion zu Ungunsten des ersteren. Bezüglich des Grades der Einwirkung der drei Faktoren Anrührzeit, Mischungsverhältnis und Wassertemperatur auf die Expansion ergibt sich, daß die Anrührzeit vor dem Mischungsverhältnis am ausschlaggebendsten ist.

Der Einfluß der Wasserwärme ist am geringsten. Unterschiede zwischen 5—10 wirken sich kaum aus.

Härte.

Der Grad der Härte, der in der Zahnheilkunde verwendeten Gipssorten ist für ihre Verarbeitung und Verwendbarkeit von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Hauptsächlich von Modellgipsen wird eine größtmöglichste Härte verlangt. Denn je härter ein Modellgips ist, desto exaktere Metallarbeiten lassen sich auf ihm anfertigen. Bevor es der modernen Gipsindustrie gelang, harte, den heutigen Verhältnissen entsprechende Modellgipse herauszubringen, mußte man mit den Mängeln wenig harter Modellgipse vorlieb nehmen. Hauptsächlich bei großen Metallarbeiten, (Wiplaprothesen) konnte durch oftmaliges Auf- und Absetzen der Arbeiten kaum eine Abnützung des Gipsmodelles vermieden werden, was natürlich oft nicht gewollte Ungenauigkeiten zur Folge hatte. Man mußte sich daher häufig Modelle aus Amalgam oder leichtflüssigem Metall anfertigen. Derartige Modelle waren natürlich nicht immer sehr billig. Dem Bedürfnis, möglichst harte Modelle für Metallarbeiten zu bekommen, verdanken wir die vielen Rezepte zur Anfertigung solcher Modelle. So kann man z. B. ein hartes Modell erhalten, wenn man Gips mit einem Sechstel seines Volumens mit pulverisierten gelöschten Kalk vermischt. Das fertige Modell in eine 10%ige Lösung von Zinksulfat legt und dann trocknen läßt. Nach Sporkes durch Kochen des trockenen Modells in Stearin im hermetisch abgeschlossenen Topf. Alle möglichen Stoffe, wie Dextrin, Leim, Schwefel und Kieselgur, sowie Infusorienerde wurden dem Gips beigemengt um harte Modelle zu erhalten. Doch haben diese Zusätze den Nachteil, daß sie die Abbindezeit erheblich verlängern, so daß mancher Gips oft erst nach einem Tag gebrauchsfertig war. Diesen Nachteil haben einige der heute im Handel befindlichen Modellgipse vermieden und dabei doch sehr ansehliche Härte erreicht.

Die schon hinsichtlich der Abbindezeit und Volumveränderung geprüften Gipssorten wurden nun auch noch auf ihre Härte untersucht. Die Härte wurde als Funktion der Bruch- und Zerreißfestigkeit bestimmt. Man kann natürlich die Härte auch als Funktion irgendwelcher anderer mechanischen Beanspruchung bestimmen, da der Begriff Härte in keiner Weise eindeutig festgelegt werden kann. Im allgemeinen mißt man wohl die Härte mit Hilfe der Ritzmethode. Mit ihr läßt sich lediglich der Härteunterschied zwischen verschiedenen Stoffen feststellen, doch genügt sie nicht um feinere Härteunterschiede verschiedener Arten des gleichen Stoffes zu bestimmen. Auch die Brinellhärtemessung, die in der Technik für Härtemessun-

gen von Metallen wird, dürfte für Gips nicht in Frage kommen aus eben denselben Gründen wie die Ritzmethode. Außerdem beruht die mehr auf einer Elastizitätsprüfung, die bei einem elastischen Stoff wie Metall wohl angebracht ist, aber bei dem wenig elastischen Gips nicht geeignet sein dürfte. Da es uns hauptsächlich auf Vergleichswerte zwischen den einzelnen Gipssorten ankommt, genügt es, wenn die Härte aller Gipse mit der gleichen Methode irgendwelcher mechanischen Beanspruchung gemessen wird. Dies ist im Folgenden geschehen mit der Prüfung des Gipses auf Bruch- und Zerreißfestigkeit.

Zur Messung der Zerreißfestigkeit wurde ein Zerreißapparat benützt.

Zerreißfestigkeit.

Tabelle g

Mischungsverhältnis	1 : 2	1 : 1	1 : $1^1/_2$	1 : 2 = 1 Tl. Wasser u. 2 Tl. Gips.
Abdruckgips „Hoka"	16 kg	7 kg	12 kg	
Alabaster	30 kg	10 kg	21 kg	
Modelit	60 kg	22 kg	32 kg	
Moldano	80 kg	25 kg	45 kg	

Bruchfestigkeit.

Tabelle h

Mischungsverhältnis	1 : 2	1 : 1	1 : $1^1/_2$
Abdruckgips „Hoka"	9,2 kg	3,5 kg	6 kg
Alabaster	13 kg	5 kg	9 kg
Modelit	20 kg	12,2 kg	15 kg
Moldano	30 kg	13 kg	23 kg

Die Versuchskörper wurden mit ihren beiden schwalbenschwanzförmigen Enden in die ebenso geformten Metallbacken der Zerreißmaschine gebracht und auf Zug beansprucht. Eine am Apparat befindliche Kg-Skala zeigt die Kraft in kg an, die nötigt ist, um den Versuchskörper zu zerreißen.

Die Bruchfestigkeit wurde festgestellt. Auf zwei Prismenkanten aus Stahl im Abstand von 10 cm wurden Versuchsstäbe von 12 cm Länge und einem Querschnitt von 15 × 15 mm in ihrer Mitte bis zum Brechen belastet. Die Ergebnisse zeigen die Tabellen g und h.

Daraus ist ersichtlich, daß die Festigkeit mit der Abnahme der Wassermenge zunimmt. Die größte Zerreißfestigkeit weist Moldano im Verhältnis 1W : 2G mit 80 kg auf. Ihm folgen im gleichen Verhältnis angefertigt Modelit mit 60 kg und Alabaster mit 30 kg. Hinsichtlich der Bruchfestigkeit zeigt Moldano die größte Belastung mit 30 kg vor Modelit mit 20 kg und Alabaster mit 13 kg. Moldano ist somit der härteste Modellgips.

IV.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sowohl Abbindezeit, Härte wie Volumveränderung im erheblichen Maße abhängig sind vom Mischungsverhältnis und der Anrührzeit. Bei den verschiedenen Prüfungen wurden absichtlich immer dieselben Mischungsverhältnisse gewählt um Vergleichswerte zu erhalten. Mischungsverhältnisse über 1 : 2, also z. B. 1 : 3 haben wenig Zweck, da Gips in solchen Verhältnissen angerührt, eine derartig dicke Konsistenz aufweist, daß er zwar eher abbindet aber nicht mehr zu verarbeiten ist und zudem noch eine beträchtliche Ausdehnung aufweist. Aus den Versuchen ist auch zu ersehen, daß Abbindezeit, Ausdehnung und Härte in wechselseitiger Beziehung zueinander stehen, insoferne, als mit einer Veränderung der einen Größe sich auch die beiden anderen ändern. Für die hier geprüften Gipssorten ergeben sich somit die günstigsten Bedingungen bei einem Mischungsverhältnis von 1 Teil Wasser zu 2 Teilen Gips und einer Anrührzeit von 1 Minute, da hierbei die Abbindezeit am kürzesten, die Ausdehnung am geringsten und die Härte am größten ist.

V.

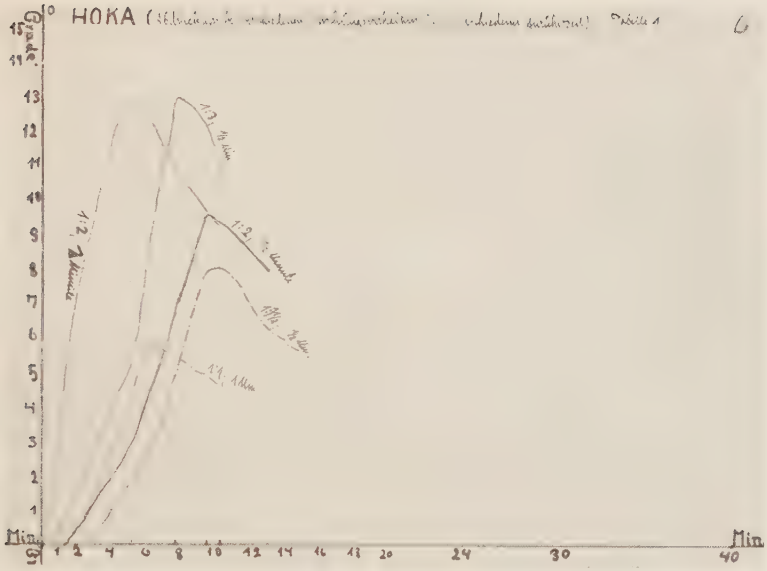
Die Gesichtspunkte, unter denen die Versuche vorgenommen wurden, bezweckten vor allem eine Klärung der Abbindungs- Festigkeits- und Ausdehnungsverhältnisse spezieller zahnärztlicher Gipse, sowie die Fixierung jener, für diese Verhältnisse spezifischen physikalischen Faktoren. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften des gewöhnlichen Gipses sind durch Wissenschaftler wie Vant'Hoff und andere schon längst erforscht. Es handelt sich daher bei diesen Versuchen darum, sowohl Vergleiche zwischen den einzelnen in der Praxis verwendeten speziellen Gipssorten hinsichtlich ihrer physikalischen Faktoren anzustellen, als auch um die Feststellung jener Bedingungen, unter welchen eine bestmöglichste Qualität erzeugt werden kann.

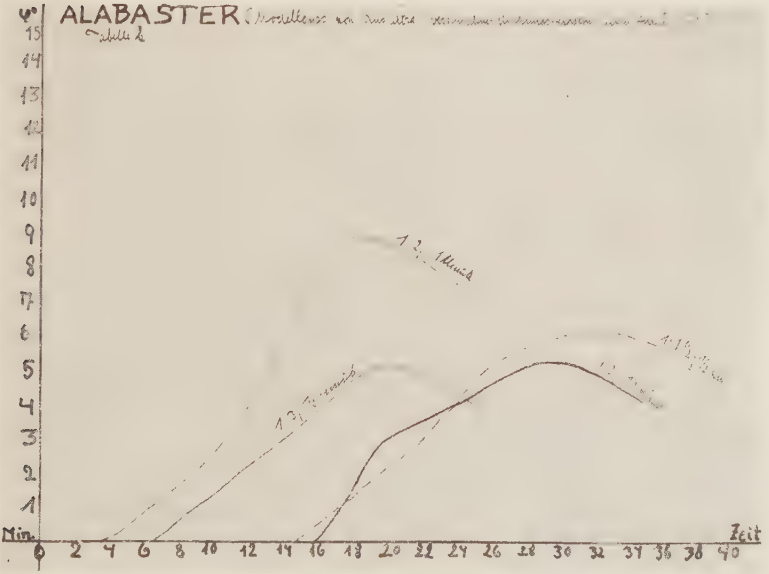
Literaturverzeichnis.

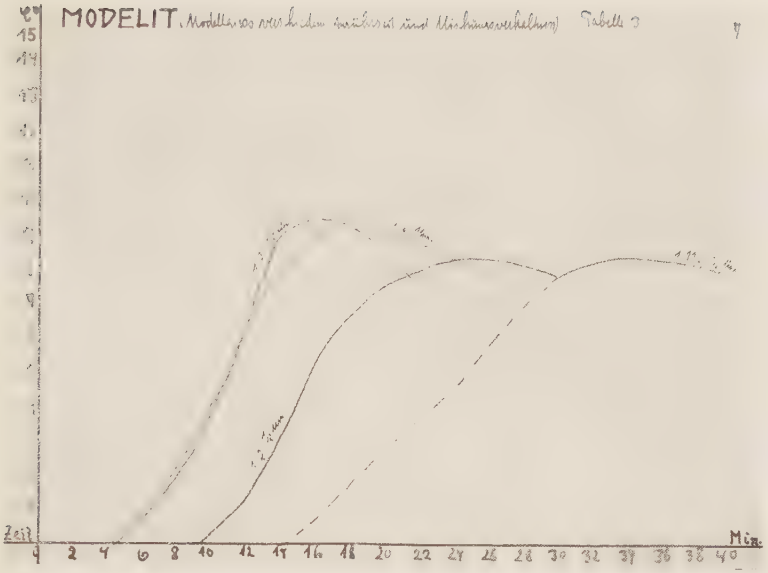
1. Zulkowsky: Ueber das Erhärten des Gipses. Tonindustriezeitung 1899, S. 1250.
2. Mitteilungen der deutschen Materialprüfanstalten 1930 6/8.
3. Proell: Von unseren Instrumenten und Materialien. Zeitschrift d. zahnärztlichen Materialienkunde und Metallurgie 1928.
4. Port: Ueber Gips. Korrespbl. f. Zahnärzte 1906. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde. 1905.
5. Witzel: Ueber Gipsabdrücke. D. M. f. Z. 1898 S. 491.
6. Deichmann: Untersuchungen über die Expansion des Gipses. D. M. f. Z. 1927, H. 16.
7. Schönbeck: Materialienkunde. —
8. Schalow u. Emmrich: Untersuchungen über Modellgips mit besonderer Berücksichtigung des Moldano. Zahnärztl. Berichte Nr. 4, 1933.
9. Bennstein: Untersuchung am Gips. D. Z. W. 1919.
10. W. B. Macleod: Ueber die beim Erhärten des Gipses auftretenden Eigentümlichkeiten. Korresp. f. Z. 1881.

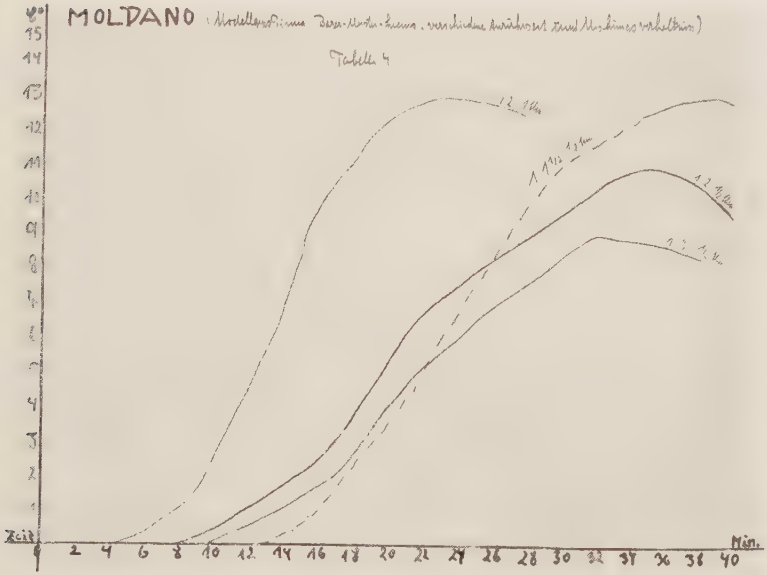
Lebenslauf.

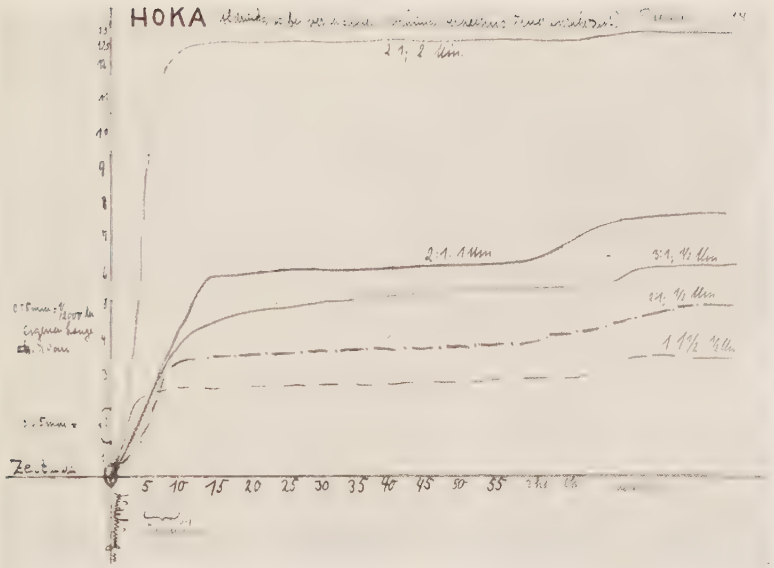
Ich wurde am 18. 3. 1909 in Schwabach als Sohn des Goldschlägermeisters Georg Schroll und seiner Ehefrau Friedericke, geb. Eckert geboren. Die Volksschule in Schwabach besuchte ich vom 1. 5. 15 bis 15. 7. 1921. Hierauf besuchte ich vom 1. 9. 21 bis 27. 3. 1930 die Oberrealschule in Nürnberg, wo ich zu diesem Termin die Reifeprüfung ablegte, um anschließend die Universität zu beziehen. Ich studierte 5 Semester in Erlangen und 2 Semester in München und beendete am 5. 12. 33 in Erlangen mein Studium.

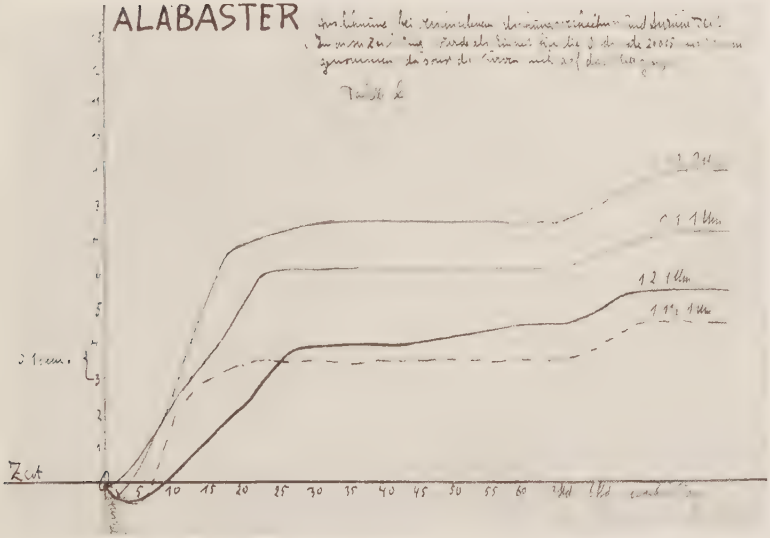

HOKA
Min.
Min
1 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 24 30 40

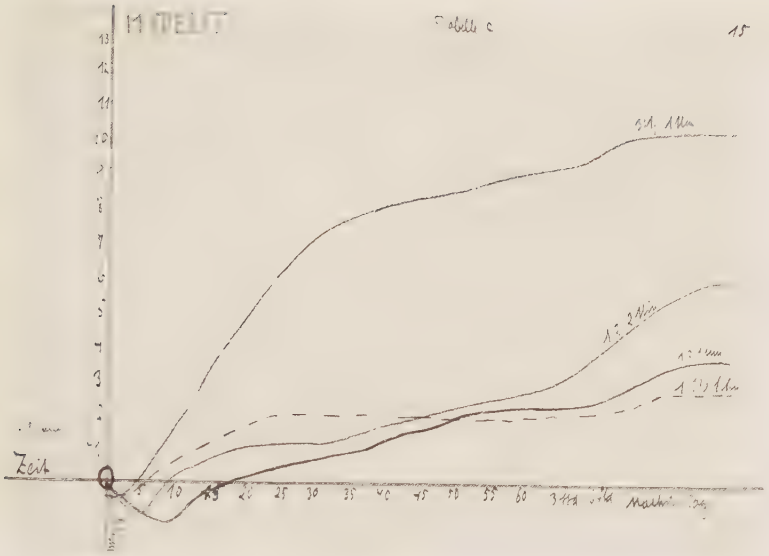

ALABASTER
Min.
Zeit
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40

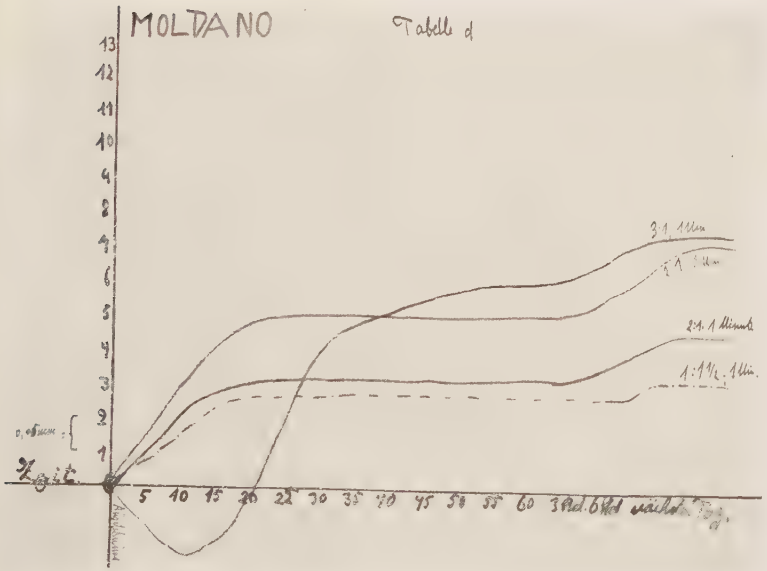

MODELIT
Zeit
Min.


MOLDANO
Tabelle 4
Zeit
Min.


HOKA
2:1; 2 Min.
2:1. 1 Min
3:1; ½ Min
2:1; ½ Min
1 1½ ½ Min
Zeit
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55


ALABASTER
1 2 1 Min
1 1½ 1 Min
Zeit
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60


Zeit
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60


MOLDANO
Tabelle d
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
Zeit
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60

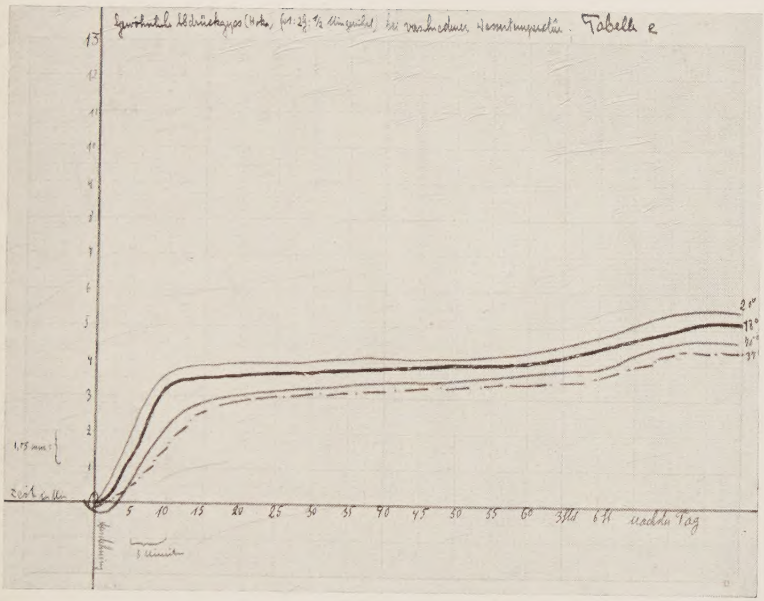


Tabelle e
1,75 mm
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 3 Std 6 Std nachdem Tag
20°
18°
16°
14°